

Tortuga boba (*Caretta caretta*, Linnaeus 1758) en el Mediterráneo Occidental. Proyecto “headstarting” en el Oceanogràfic de Valencia

TRABAJO FIN DE MÁSTER



AMPARO SEGURADO CHILLÓN

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN BIOLOGÍA MARINA

UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA

MANUELA GUIMERÁNS GÓMEZ, Responsable del Área de Cuarentena del Oceanogràfic de Valencia,

HACEN CONSTAR:

Que la presente memoria titulada ***Tortuga boba (Caretta caretta, Linnaeus 1758) en el Mediterráneo Occidental. Proyecto “headstarting” en el Oceanogràfic de Valencia*** fue realizada por la alumna del *Máster Interuniversitario en Biología Marina* DÑA. AMPARO SEGURADO CHILLÓN, en las dependencias del Oceanogràfic de Valencia, bajo mi dirección. Y considerando que justifica adecuadamente los 12 créditos convocados como Trabajo de Fin de Máster, autorizo su presentación ante el Tribunal correspondiente.

En Valencia, a 17 de Junio de 2016.

La Directora y tutora,



MANUELA GUIMERÁNS

La Alumna,



AMPARO SEGURADO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Características de la especie.....	4
1.2. Situación, amenazas y conservación.....	8
1.3. Proyectos "headstarting" en el Oceanográfico.....	10
1.4. Objetivos.....	15
2. METODOLOGÍA.....	16
3. RESULTADOS.....	24
4. CONCLUSIONES.....	30
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Características de la especie

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Animalia	Chordata	Reptilia	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta</i>	<i>Caretta caretta</i> (Linnaeus, 1758)

Nombres comunes:

Inglés: Loggerhead Turtle

Español: Tortuga Boba, Caguama, Tortuga Cabezona, Tortuga Careta, Tortuga Común

Francés: Tortue caouanne

La población global de la Tortuga Careta (*Caretta caretta*) comprende 10 subpoblaciones que varían ampliamente en el tamaño de población, el ámbito geográfico y las tendencias demográficas distribuyéndose a nivel mundial en todas las regiones subtropicales y templadas del Mar Mediterráneo y los Océanos Pacífico, Índico y Atlántico (Wallace *et al.* 2010). El en mapa (Fig. 1) aparece la distribución geográfica de las 10 RMUs (*Units for Marine Turtles*) según la IUCN y las zonas de anidación de *Caretta caretta*.

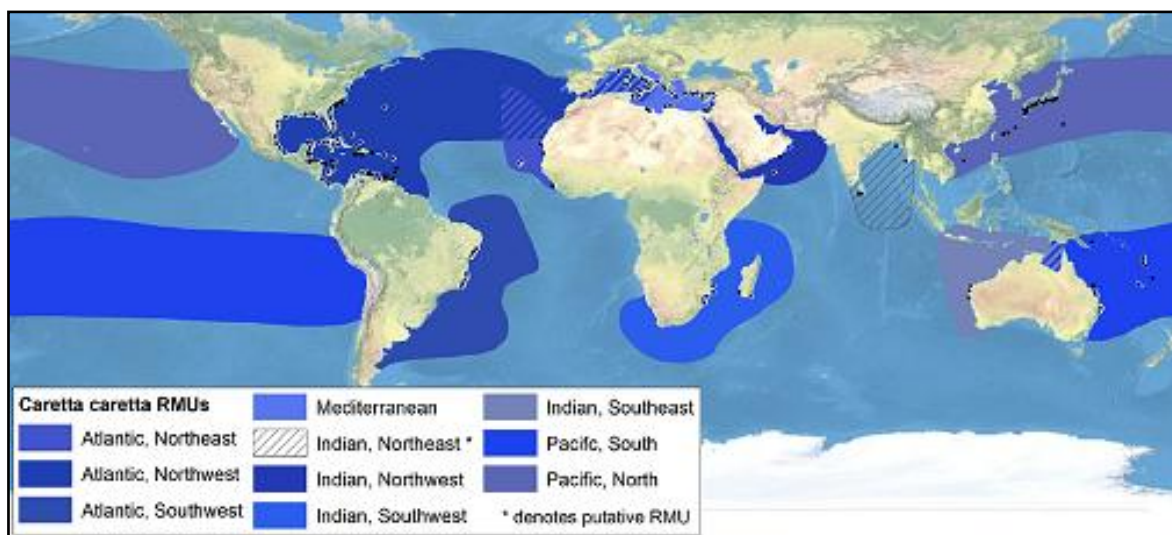


Fig. 1. Mapa global de las 10 subpoblaciones y zonas de anidación de *Caretta caretta* (Wallace *et al.* 2010).

Las tortugas marinas son reptiles del Orden Testudines que aparecieron en el triásico superior, hace unos 200 millones de años, como descendientes de los Cotilosaurios. Los Testudines se separaron pronto de la línea principal de evolución de los reptiles, dando lugar a diversas líneas de

linaje que evolucionaron a tortugas terrestres, marinas y de agua dulce. Las tortugas marinas aparecieron en la Tierra en el Cretácico hace aproximadamente 65 millones de años (Gaffney & Meylan, 1988) (Eckert *et al.* 2000). Sus orígenes fueron terrestres y se fueron adaptando al medio marino modificando su morfología, sus extremidades pierden las articulaciones móviles y adquieren forma de remo, sus glándulas lagrimales se modifican para permitirles eliminar el exceso de sal ingerida con el agua de mar y adquieren una anatomía más hidrodinámica. Sin embargo, mantienen la respiración pulmonar, uñas en las extremidades y su puesta de huevos en tierra (Báez 2007).

La tortuga boba pertenece a las tortugas de la Familia Cheloniidae, que están formadas por tortugas de caparazón o concha dura. Presenta dos pares de escamas prefrontales y, cuando son jóvenes, tienen quillas en las conchas. Se caracteriza por tener la cabeza grande y el caparazón marrón, con 5 escudos pleurales y 5 (o a veces 4) escudos laterales. El escudo nual toca al primer escudo lateral (Fig. 2). La cabeza y aletas están cubiertas por escamas córneas y no son retráctiles en el caparazón.

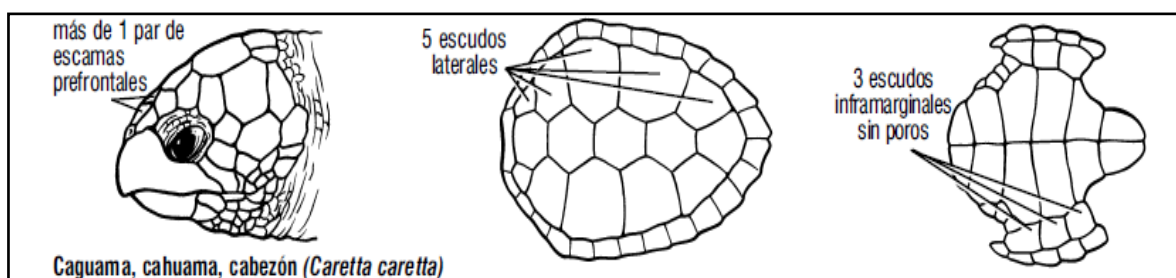


Fig. 2. Claves identificación de *Caretta caretta* (Wyneken 2001).

En los recién nacidos, la coloración del caparazón va de café oscuro o negro con matices grises (Fig. 3a). Esta peculiaridad se considera una adaptación evolutiva que favorece el metabolismo al permitir una mayor absorción de calor, la misma que incrementa la actividad de las tortuguitas y su velocidad de crecimiento, ayudándoles a superar en menor tiempo una de las etapas más vulnerables de su vida (Márquez 1996). El plastrón de los recién nacidos es crema a marrón. En juveniles y adultos, es de un color canela crema. A veces, las márgenes de los escudos se traslapan un poco en los juveniles, pero esto nunca ocurre en los adultos. El caparazón es principalmente marrón, pero ocasionalmente algunos individuos retienen un poco de canela o negro (Fig. 3b). Está estructurado en una cara dorsal y otra ventral. La dorsal está formada por la fusión de las vértebras y costillas expandidas, y la ventral (plastrón) formada por la fusión de la clavícula e interclavícula. Los escudos que forman el caparazón son, en su parte dorsal marginales, laterales (costales), vertebrales y nuales; y en su parte ventral está el escudo intergular, gular, humeral, pectoral, abdominal, femoral y anal (Fig. 4). Los escudos localizados entre el plastrón y el caparazón se denominan inframarginales (Fig. 3c). Frecuentemente

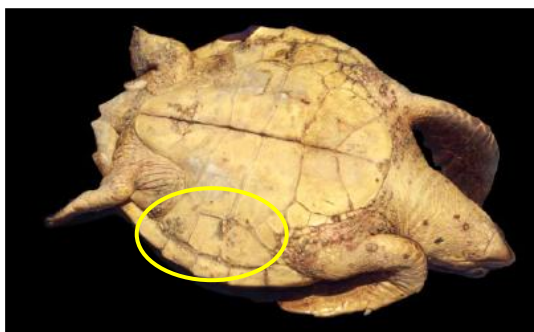
mantienen grandes comunidades de organismos epibiontes en sus caparazones (Báez 2007). Poseen dos dedos con uñas en cada extremidad. Son animales sin dientes y sus mandíbulas tienen ramphotecas (estructuras córneas en forma de pico) gruesas y robustas, usadas para triturar los alimentos. Se alimentan principalmente de animales marinos de pequeño tamaño, incluyendo crustáceos, moluscos, equinodermos, cnidarios y peces lentos. Es frecuente su asociación a barcos pesqueros comiendo descartes, cebos o animales enmallados (Marco *et al.* 2015).



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Aspecto externo *Caretta caretta*. (a) Neonato, (b) adulto, (c) ejemplo de variabilidad en el número de inframarginales. Frecuentemente tienen 3 inframarginales, pero es una característica variable (Wyneken 2001).

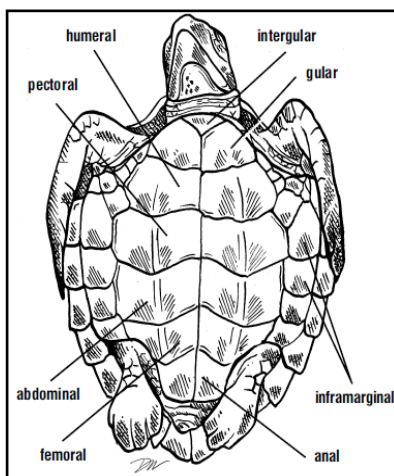
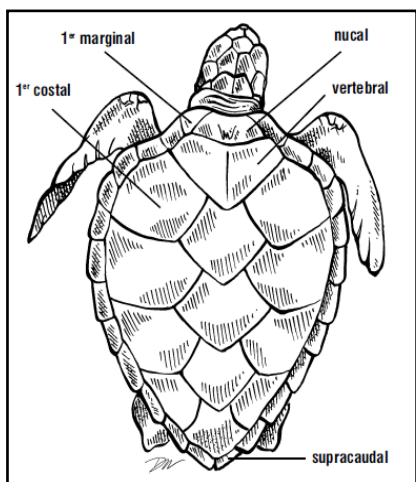


Fig. 4. Escudos del caparazón y plastrón de *Caretta caretta* (Wyneken 2001).

Las tortugas marinas presentan dimorfismo sexual que se pone de manifiesto en una edad subadulta próxima a la madurez, con un tamaño corporal de más de 60 cm de longitud del caparazón. Los machos poseen una cola más larga y las uñas en forma de gancho en sus aletas delanteras (adaptaciones para la cópula). Aunque desarrollan su vida en el medio acuático, las hembras, salen a tierra para poner sus huevos en nidos que construyen en la arena de las playas. Presentan alta filopatría, por lo que cuando son adultas vuelven a desovar a la misma playa en la que nacieron o puntos con una margen de distancia de 250 km de ésta (Miller 1997).

Las tortugas bobas ponen sus nidos en playas arenosas insulares o continentales a lo largo de las regiones templadas y subtropicales del mundo. Como son muy migratorias, utilizan una amplia distribución de localidades y hábitats muy distanciados durante sus etapas de vida (Bolten and Withrington 2003). Cuando los huevos eclosionan, las crías se dirigen al mar para empezar su fase oceánica en el hábitat pelágico, dejándose llevar por los principales sistemas de corrientes o giros que sirven como base para el desarrollo en mar abierto. Después de 4-19 años en la zona oceánica, las tortugas se desplazan a las áreas de desarrollo neríticas ricas en presas bentónicas y epipelágicas, donde se alimentan y crecen hasta alcanzar la madurez a los 10-39 años (Arens and Snover 2013) (Casale and Tucker 2015).

Cuando alcanzan la madurez sexual, realizan las migraciones reproductoras desde las zonas de alimentación a las zonas de anidación en intervalos de remigración de uno a varios años, siendo una media de 2,5-3 años para las hembras y periodos más cortos para los machos. Estas migraciones son realizadas por machos y hembras y pueden atravesar zonas oceánicas de cientos de miles de kilómetros (Plotkin 2003) (Casale and Tucker 2015). Durante los periodos no reproductivos, los adultos residen en áreas de alimentación nerítica costeras que a veces coinciden con las áreas de desarrollo de los juveniles (Bolten and Withrington 2003). Siguen un patrón de reproducción estacional a final de primavera y verano. Los apareamientos se suelen producir cerca de las playas de anidación y especialmente al principio de la temporada de puesta. Es frecuente la poliandria, la multipaternidad y el almacenamiento de esperma. Las hembras se reproducen cada dos o tres años y en cada estación reproductora pueden realizar entre 3 y 6 nidos consecutivos cada 14-18 días. Las hembras excavan nidos de unos 50 cm de profundidad en los que depositan entre 70 y 120 huevos blancos de cáscara apergaminada con una alta tasa de fecundación. La incubación suele durar algo menos de dos meses. La determinación sexual depende de la temperatura en el tercio medio de la incubación con una **temperatura pivotal** (temperatura a la cual cada embrión tiene igual probabilidad de tornarse macho o hembra) de unos 29°C y una razón de sexos normalmente sesgada hacia las hembras (Mrosovsky 1988) dentro de un rango de tolerancia de 25-35°C (Ackerman 1997).

1.2. Situación, Amenazas y Conservación

La evaluación del estado actual realizada por la UICN 2015 (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) se hace para cada población y para la población mundial en conjunto. A nivel mundial, y pese que la tendencia actual de la población es decreciente, no se considera dentro de la categoría de “amenazada” ya que su distribución geográfica y tamaño de población son mucho más grandes de lo establecido por la IUCN para considerarla amenazada. Sin embargo, las series disponibles de conteos de nidos (utilizado como índice de abundancia de la población) muestran una disminución importante en las última tres décadas (47%), por lo que la tortuga *Caretta caretta*, a nivel global, se considera “**vulnerable**” bajo criterios de la Lista Roja de la UICN. Este resultado global no es una representación adecuada de la situación de conservación de las subpoblaciones y se debe dar prioridad a las evaluaciones a nivel subpoblacional a la hora de evaluar el verdadero estado de conservación de la especie.

Las amenazas varían en el tiempo, espacio y en el impacto relativo en las distintas poblaciones. Las principales amenazas que afectan a las tortugas marinas fueron descritas por Wallace *et al.* (2011) como:

- *Bycatch* o captura incidental en las artes de pesca dirigidas a otra especies.
- Utilización directa de las tortugas o huevos para consumo humano, productos comerciales.
- Desarrollo costero (alteración de origen humano de los ambientes costeros debido a la construcción, dragado, modificación de playas, etc) que altera y afecta al hábitat de las tortugas.
- Contaminación y patógenos: contaminación del mar y escombros que afectan a las tortugas marinas a través de la ingestión o enredo, desorientación causada por luces artificiales...así como los impactos de patógenos generalizados (por ejemplo, virus fibropapiloma) sobre la salud de la tortuga.
- El cambio climático: aumento de las temperaturas de arena en las playas de anidación que afectan a la proporción de sexos de crías, subida del nivel del mar, frecuencia e intensidad de tormentas que afectan a hábitats de anidación, etc.

La captura incidental de pesca es clasificado como el mayor peligro para la tortuga boba a nivel mundial, seguido por el desarrollo costero y la consecuente alteración y pérdida de hábitats y el consumo humano de carne, huevos y otros productos.

Las tortugas bobas gozan de protección legislativa en virtud de una serie de tratados y leyes a nivel internacional y a nivel regional. Entre ellos destacan el Apéndice I de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y los Anexos I y II de la Convención sobre Especies Migratorias (CMS) o Convenio de Bonn y el Anexo II

del Protocolo SPAW del Convenio de Cartagena (protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la vida silvestre). Como resultado de estos convenios y acuerdos, muchos de los impactos sobre las tortugas marinas han disminuido como por ejemplo, la recolección de huevos y adultos en las áreas de nidificación. Respecto al *bycatch*, el uso de dispositivos excluidores de tortugas (DET) ha resultado ser beneficioso. Sin embargo, a pesar de todas estas medidas, los impactos humanos continúan en todo el mundo (Casale and Tucker 2015).

En aguas españolas, *Caretta caretta* es especialmente abundante en Canarias y zonas del Mediterráneo como el Mar de Alborán o el entorno de Baleares (Marco *et al.* 2015). Pero también en el Estrecho de Gibraltar (incluida Ceuta) y Galicia está presentes. El estudio de la ecología de las tortugas marinas en el Mediterráneo ha sido un tema bastante ignorado hasta mediados del siglo pasado. Fue a partir de este momento y debido a la gran interacción con las actividades pesqueras de varios países que comenzó la preocupación por el estudio de sus colonias de crías y su distribución. La tortuga boba es la especie de tortuga marina más abundante del Mediterráneo y está ampliamente distribuida en toda la cuenca. Según estudios genéticos, el Mediterráneo habría sido colonizado por las tortugas procedentes de Florida hace unos 12.000 años (Bowen *et al.* 1993). Bowen apunta esta colonización y establecimiento de colonias de cría como un hecho reciente debido a las frías temperaturas reinantes en esta cuenca durante la última glaciación (hace 12-18.000 años). Esta **Subpoblación Mediterránea** presenta sus áreas de cría a lo largo de la costas de la cuenca oriental del Mediterráneo (Grecia, Chipre, Turquía, Egipto, Israel, Lampedusa-Italia, Libia y Túnez) y con sólo unos nidos individuales registrados en la costa occidental. Sin embargo, sus hábitats marinos se extienden por todo el Mediterráneo. Está fragmentada en decenas de colonias, con un total de 7200 nidos estimados por año (Casale 2015). La subpoblación del Mediterráneo es considerada por la UICN en su *Red List* como LC (*“Least Concern”*) o estado de **“preocupación menor”** y su tendencia poblacional actual es ascendente. Sin embargo, esta consideración es debida a que la población actual es el resultado de décadas de intensos programas de conservación, especialmente en zonas de anidación, y el cese de estos programas produciría una disminución de la población. En cualquier caso y debido al largo tiempo de maduración de las tortugas y los índices disponibles de abundancia, no podría considerarse como categoría NT (*“Near Threatened”*) “casi amenazada” en los próximos siguientes 5 años según lo prescrito por la UICN. Casi todos los países mediterráneos, incluidos los que tienen importante áreas de anidación y alimentación para las tortugas bobas, son signatarios de convenios internacionales para la conservación de las tortugas marinas y tienen leyes nacionales para su protección así como acuerdos pesqueros. Destacan el Convenio Berna (Consejo de Europa), el Reglamento de la Unión Europea (Directiva Hábitats) y el Plan de Acción PNUMA/PAM para la Conservación de las Tortugas Marinas en el Mediterráneo. También hay que tener en cuenta los proyectos de conservación de muchos países que son llevados a cabo por organismos gubernamentales e incluso ONGs con especial atención en las zonas de anidación.

1.3. Proyecto “headstarting” en el Oceanogràfic

Debido al carácter migratorio de las tortugas marinas, en el Mediterráneo Occidental encontramos tortugas *Caretta caretta* procedentes de la **subpoblación mediterránea oriental** y de la **subpoblación noratlántica**. Esta última subpoblación está formada por tortugas que se adentran a través del Estrecho de Gibraltar y proceden de colonias reproductoras de las costas de Florida (Subpoblación del Noroeste Atlántico) y de las islas de Cabo Verde (Subpoblación del Noreste Atlántico), siguiendo el patrón de las corrientes marinas y por la abundancia de alimento. Según la UICN (2015), la subpoblación noroeste atlántico está en estado de “preocupación menor” y la subpoblación noroeste atlántico está considerada “en peligro de extinción”.

De acuerdo a la información de capturas de la flota palangrera (Camiñas 1997), en los meses más fríos (diciembre a abril) sólo existe una pequeña población de individuos concentrada en el sur y suroeste del archipiélago balear y a partir de abril se empieza a advertir un aumento de ejemplares que vienen de las colonias del Mediterráneo oriental. El máximo se alcanza en los meses de mayo a junio en el entorno del Cabo de Gata coincidiendo con la entrada masiva de individuos a través del Estrecho. La presencia de estas tortugas en el Mediterráneo occidental corresponde a la fase pelágica, convirtiéndose así en una zona de reclutamiento de juveniles que son conducidos por las corrientes marinas y donde encuentran en este medio pelágico abundancia de recursos tróficos (Marco *et al.* 2015).

Las principales amenazas para estas Tortugas boba en las costas mediterráneas de la Península son la pesca de arrastre, el palangre de superficie, las redes y artes “fantasma”, el tráfico marítimo y la contaminación. Actualmente el palangre de superficie (para la captura de pez espada y túnidos) está considerado el arte de pesca con mayores capturas accidentales de tortuga marinas en el Mar Mediterráneo, siendo la flota española la que posee el índice más alto de capturas, del orden de decenas de miles (Cardona *et al.* 2009)

Aunque, como hemos visto, el litoral de la Península Ibérica es considerado como una importante zona de alimentación de juveniles, la especie no se reproduce habitualmente en las costas españolas, aunque existen evidencias de una posible puesta en Murcia y el hallazgo de un huevo con embrión en el Delta del Ebro (Llorente *et al.*, 1993). Sin embargo, la puesta observada en la playa de Vera en Almería, la de Premiá de Mar en Barcelona (Camiñas 2002) y las más recientes en el 2014 y 2015 del Parque Natural de la Albufera de Valencia, sugieren que debido a la filopatría de las tortugas marinas, las playas españolas hayan sido zonas de puesta en el pasado (Fig. 5). Aunque al ser hechos aislados, son considerados excepcionales y, por tanto, no se puede afirmar con seguridad que la costa mediterránea de la península sea zona de nidificación.

Una posible teoría acerca de estas puestas en la Albufera de Valencia es que sean individuos liberados por el CRAM (Centro de Recuperación de Animales Marinos, en Hospitalet de Llobregat) que hayan vuelto a reproducirse y anidar a las mismas playas donde fueron soltados. Sin embargo, no está demostrado puesto que la suelta era de individuos adultos y subadultos y la filopatría se adquiere tras la eclosión (Miller 1997). Existen además otras teorías que intentan explicar estos eventos y son según Báez y Bellido (2015):

A) La posibilidad de que existiera una población de tortuga boba relictas que anida en el Mediterráneo occidental. Esta teoría es muy poco plausible pues si tal población existiese significaría que no se han encontrado sus puestas durante un periodo de tiempo muy amplio. Sin embargo, cabría esperar, debido al aumento del turismo playero y la encuestas a pescadores o profesionales del mar, que se hubiera detectado alguna de estas puestas.

B) La existencia de una población de tortuga boba, no descrita con anterioridad, que anida en el Mediterráneo occidental. En este caso, y debido a la propia filopatría que presentan, la mayoría de las hembras que anidan en diferentes sesiones interanuales suelen hacerlo en tramos costeros no superiores a los 5 km, aunque unas pocas hembras pueden trasladar sus lugares de puesta a grandes distancias, hasta 290 km. Por tanto, se podría suponer que existiera una playa de puesta no descrita en la costa africana del Mediterráneo occidental, pero esa hipotética playa de puesta debería haberse localizado ya debido al crecimiento urbanístico de las costas.

C) Actualmente también se baraja la posibilidad de que estas nidificaciones aisladas en las costas de la península sean el reflejo de la **capacidad colonizadora de la tortuga boba**, a pesar de su filopatría, y de su **flexibilidad** a la hora de buscar nuevos ambientes adecuados para la puesta (Báez y Bellido 2015). Hay que tener en cuenta que las tortugas marinas aparecieron hace 200 millones de años en un ambiente más cálido y húmedo que el actual. Además, ha colonizado el Mediterráneo en tiempos recientes, durante el Pleistoceno y logró sobrevivir a las glaciaciones trasladándose a refugios cálidos, desde los que se expandía nuevamente al suavizarse las temperaturas. En relación con esta teoría también está el impacto que el cambio climático podría tener en la incubación de las tortugas marinas, ya que a nivel mundial existen importantes zonas de anidación de tortugas boba en la que se da menor producción de machos (zonas más cálidas con temperaturas más calientes dan lugar a mayor producción de hembras en detrimento de los machos). Según los modelos de cambio climático se podrían dar incrementos determinantes en este aspecto y las tortugas podrían encontrar playas más frescas en latitudes más altas que permitiesen una producción de ambos sexos a largo plazo (Mrosovsky *et al.* 2002).

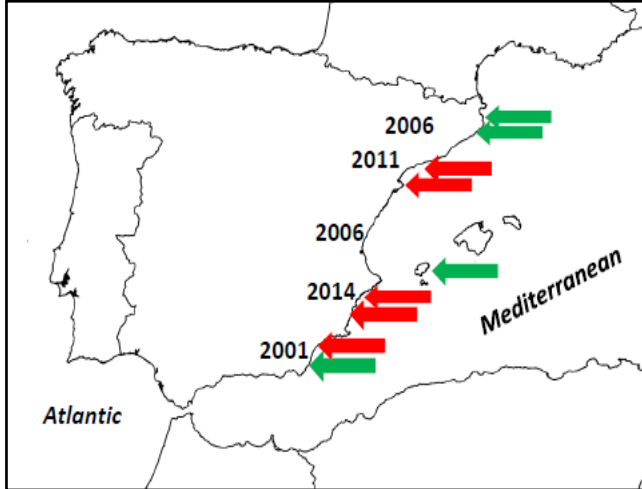


Fig. 5. Mapa de la costa Mediterránea española. Muestra los eventos de anidación en 2014 y 2015 (flechas rojas): Torrevieja, Pulpí, San Juan y Tarragona. Las flechas verdes indican los lugares donde se observaron hembras adultas pero no se llegó a producir la puesta. Los años indican la ubicación de los eventos de anidación del pasado en la zona: 2001 en playa de Vera (Almería), 2006 en playa de Puzol (Valencia) y en Premiá de Mar (Barcelona) y 2011 en Barcelona (Tomas *et al.* 2016).

Durante los últimos 15 años, el número de eventos esporádicos de anidación de tortuga boba registrados en las costas españolas ha incrementado (Fig. 6). De 2001 a 2014, se han registrado un total de 7 puestas de tortuga boba y varios otros intentos en las playas del Mediterráneo español. Los análisis genéticos demuestran la contribución de padres de subpoblaciones Atlánticas y Mediterráneas a estas puestas, lo que indica que es un proceso de colonización en esta parte del Mediterráneo Occidental (Tomás *et al.* 2016).

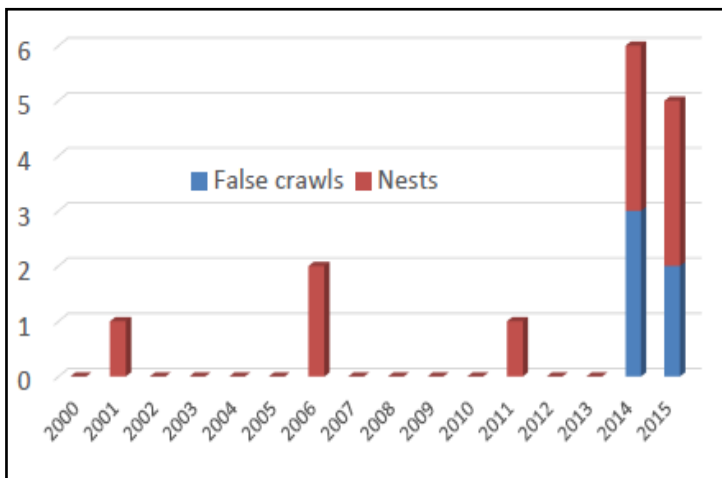


Fig. 6. Número de anidaciones registradas en las costas españolas desde el año 2000 (Tomás *et al.* 2016)

En los años 2014 y 2015 se da un incremento notable de eventos de anidación. En el verano de 2014 se registraron seis casos de anidación, en tres de ellos las hembras de tortuga consiguieron realizar la puesta (Tabla 1). En los otros tres casos las puestas fueron interrumpidas por causas antrópicas, al elegir playas muy urbanizadas e inadecuadas, por lo que o bien con el nido finalizado o no, no llegaron a depositar los huevos, volviéndose al mar (Tabla 2).

Fecha	Playa	Localidad	Nº huevos	Nº crías nacidas	Éxito anidación
30-06-2014	San Juan	Alicante	139	102	73%
25-08-2014	L'Arrabassada	Tarragona	89	0	0
27-10-2014	Llarga	Tarragona	68	46	67%

Tabla 1. Puestas realizadas con éxito. Fuente: Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz (2014)

Fecha	Playa	Localidad
06-07-2014	Agua Amarga	Almería
17-07-2014	Calella de la Costa	Barcelona
25-07-2014	S'Albanell	Girona

Tabla 2. Intentos fallidos de puestas. Fuente: Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz (2014)

Uno de los casos exitosos fue la puesta de nido localizada en la Playa de San Juan en Alicante en Julio del mismo año (Fig. 7). En este caso la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana junto con el Oceanogràfic y la ONG de Burjassot, el Xaloc (Asociación para el Estudio y Conservación del entorno), deciden llevar a cabo la traslocación del nido, con el objetivo de mejorar el éxito final a través de la realización de un proyecto de “headstarting”. El nido fue trasladado al arenal protegido en la Playa de la Punta del Parque Natural de la Albufera de Valencia, ya que cumplía con las condiciones adecuadas de humedad, temperatura, aislamiento de presencia humana, etc. Una vez eclosionado el nido se llevó a cabo la técnica del “headstarting”, o la cría controlada de los ejemplares nacidos durante los 10-11 primeros meses de vida. Para un mayor éxito del proyecto y evitar los riesgos asociados a la concentración de todos los individuos en una sola ubicación, se decidió trasladar al Cegma del Estrecho 15 de las crías de tortuga boba procedente de esta puesta y el resto de los ejemplares a las instalaciones del Oceanogràfic de Valencia, con el objetivo último de liberarlas todas juntas en la playa en la que nacieron durante el verano de 2015.

En el 2015, se registraron varios intentos fallidos y dos puestas con éxito (Tabla 3). Ambas puestas fueron encontradas a unos 140 km de distancia entre ellas, dentro de las dos semanas de diferencia y con tamaños de puesta similares por lo que análisis genéticos podrán demostrar si ambas puestas fueron realizadas por la misma tortuga. Una de estas puestas tuvo lugar en la playa de San Juan de los Terreros en Pulpí (Almería) el 17 de Julio y sus 81 huevos fueron transportados dos días después a la Estación Biológica de Doñana del CSIC para ser incubados de forma artificial simulando las temperaturas de incubación naturales hasta la emergencia de los neonatos con el propósito de someterles luego a un proyecto “headstarting” y su posterior liberación en las costas almerienses. Sin embargo, una grave contaminación fúngica y el transporte de los huevos a las 48 horas afectaron al éxito de la incubación (Tomás *et al.* 2016).

Fecha	Playa	Localidad	Puesta	Nº huevos
17-07-2015	Los Terreros de Pulpí	Almeria	Éxitosa	81
31-07-2015	Torre Vieja	Alicante	Exitosa	85
02-06-2015	Santa Eulalia	Ibiza	Fallida	

Tabla 3. Registro de puestas 2015 (Tomás *et al.* 2016).

La otra puesta exitosa fue el 31 de julio, en Torre Vieja (Alicante), con la que se establece el objetivo de poner en marcha el otro proyecto “headstarting” llevado a cabo por el Oceanogràfic de Valencia. Al día siguiente de la puesta, el nido fue trasladado a la Playa de la Punta, en el Parque Natural de El Saler, zona de reserva con pocas molestias. El nido tenía 85 huevos. 15 de ellos se instalaron en una incubadora en el Oceanogràfic de Valencia. También en Junio de 2015, se dieron los primeros intentos de anidación jamás registrados en las Islas Baleares, concretamente en Ibiza. En este caso la misma hembra intentó, sin éxito durante tres noches consecutivas, anidar en tres playas distintas en el lado oriental de la isla.



Fig. 7. Hembra desovando en la Playa de San Juan. Foto: Oceanogràfic de Valencia (2014).

1.4. Objetivos

Los huevos y tortugas recién nacidas, que aún poseen un caparazón blando son una presa muy apetecible y fácil para muchos depredadores como cangrejos, gaviotas, peces, tiburones, etc. Durante las primeras horas, un 10% de las tortugas salidas del huevo suelen ser devoradas (Glenn 1996) y alrededor del 90% de las tortugas nacidas no logra sobrevivir al durísimo primer año de vida (Witherington and Salmon 1992). La tasa de mortalidad se reduce a medida que crecen y al final sólo unos pocos ejemplares de cada millar de tortugas nacidas llega a una edad adulta (Frazer 1986) en la que podrán reproducirse para dar lugar a una nueva generación. Frente a este desolador escenario, los programas experimentales “headstarting” se plantean como una medida de conservación específica que se basa en **proteger los nidos y aumentar el número de crías de tortuga que lleguen al mar**. El proyecto “headstarting”, liderado por el Oceanogràfic de Valencia y con la colaboración de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana y la ONG de Burjassot, el Xaloc (Asociación para el Estudio y Conservación del entorno), implica la cría en cautividad de las crías de huevos recogidos en la naturaleza. Las crías son mantenidas durante varios meses para ayudarles a evitar la alta mortalidad en su primer año. Se pretende que estas tortugas sobrevivan y crezcan como tortugas salvajes después de su liberación. “Headstarting” es, por tanto, el término utilizado para referirse a la incubación y crianza en cautiverio de tortugas en una primera parte de su ciclo de vida. Después de llegar a una edad o tamaño prescrito (tamaño que les permita aumenar las probabilidades de sobrevivir en el mar), las tortugas procedentes del “headstarting” son liberadas en su hábitat natural en el que se supone han mejorado la supervivencia. Las tortugas marinas se ajustan muy bien a este tipo de proyectos pues son animales con poco o nulo cuidado parental, relativamente alta fecundidad y baja tasa de supervivencia de juveniles. Este tipo de proyectos se han establecido de forma experimental para varias especies de tortugas marinas en peligro de extinción, como por ejemplo el programa “headstarting” que se llevó a cabo para la tortuga verde y la tortuga boba en Florida durante el periodo de 1960 hasta 1989 (Huff 1989).

Los objetivos generales que persigue cualquier proyecto “headstarting” de tortugas marinas son disminuir en gran medida la depredación de crías recién nacidas, liberando los ejemplares con un tamaño mínimo que les permita sobrevivir a esta fuerte etapa de depredación y acelerar el crecimiento bajo óptimas condiciones de desarrollo para superar este período de mayor vulnerabilidad en el menor tiempo posible. En el caso de *Caretta caretta*, al ser una especie catalogada como Vulnerable por la UICN (2015) y estar incluida en la “Directiva Hábitat 92/43/CEE”, está sujeta a una protección activa de sus poblaciones y se pretende **aumentar el tamaño de dichas poblaciones para restituirla a un estado de conservación de no preocupación**. Además, en nuestro caso particular, otro de los objetivos es intentar **que nuestras costas mediterráneas sean un lugar de puesta y anidación de tortugas bobas**.

Se ignora cuantas tortugas nidifican anualmente en el Mediterráneo español, quizás unas pocas decenas y seguramente no todos los años. No obstante, las anidaciones naturales de *Caretta caretta* en nuestras costas mediterráneas, parecen ser un **fenómeno emergente** cada vez más frecuente. Parece que en la actualidad, en el Mediterráneo se dan la condiciones ambientales necesarias para que hembras de tortuga boba desarrollen los huevos y pueda darse reproducción natural.

2. METODOLOGÍA

El Oceanogràfic de Valencia, lleva a cabo un proyecto de “headstarting” de tortugas boba, con dos nidos en dos años consecutivos (Tabla 4), siendo prácticamente pioneros en esta experiencia en el Mediterráneo, por lo que los referentes o protocolos de actuación han sido adaptados de otros proyectos de “headstarting” llevados a cabo en puntuales regiones de Centroamérica o de tratamiento de nidadas en viveros de Cabo Verde y apoyos de otros centros como el CEGMA (Centro de Gestión del Medio Ambiente Andalúz) de Algeciras, con el que han compartido parte del proyecto. Ante la falta de experiencia, toda la metodología llevada a cabo ha venido determinada por las circunstancias y problemas que iban surgiendo.

Los proyectos de headstarting del Oceanogràfic se llevaron a cabo para los siguiente nidos:

Nido	Año	Lugar puesta	Traslado puesta	Nº de huevos
1	2014	Playa San Juan (Valencia)	Playa de La Punta (El Saler, Valencia)	139 (40 incubadora)
2	2015	Torre Vieja (Alicante)	Playa de La Punta (El Saler, Valencia)	85 (15 incubadora)

Tabla 4. Información sobre los nidos.

Una vez que se localizaron los nidos, se procedió al traslado de los huevos. La técnica de recolocación de nidos en playa conlleva la traslocación del nido del lugar de puesta elegido por la hembra a una nueva ubicación del nido situada en la playa elegida, en nuestro caso en la playa de La Punta en el Saler (Valencia) perteneciente a una zona de reserva o zona menos afectada por la acción antrópica. Este método implica un complejo manejo del nido, ya que hay que desenterrar los huevos, transportarlos, cavar un agujero morfológicamente similar al nido que realiza la tortuga y reubicar los huevos en la nueva localización. Hay que tener muy en cuenta los efectos negativos de la manipulación humana para la incubación, como por ejemplo la mortalidad embrionaria inducida por el movimiento de los huevos. Los huevos se pueden mover de inmediato después de la oviposición (o dentro de las 3 horas siguientes) sin peligro, pero el movimiento después de 10

horas reduce el éxito de eclosión (Limpus *et al.* 1979). Cuanto más largo sea el intervalo entre la oviposición y el movimiento, mayor es la mortalidad de los huevos.

Pasos seguidos:

-Recolección de huevos: En la recolección de los huevos del nido natural hecho por la hembra, medimos la profundidad y ancho del nido (Fig. 9) para aplicarlo luego en la construcción del nido “artificial”, utilizando los valores promedio del nido natural (aprox. 50 cm de profundidad en el caso de *Caretta caretta*). El transporte de los huevos se realizó de manera extremadamente cuidadosa ya que es determinante para el éxito de eclosión (Fig. 10).



Fig. 9. Nido 2, puesta original. Foto: XALOC (2015).



Fig. 10. Huevos del Nido 2 abandonando la playa de puesta. Foto: XALOC (2015).

-Recolocación en nido nuevo: El hueco para resembrar los huevos en el nuevo nido “artificial” debe tener la forma correcta, con la profundidad y ancho respectivos. Este nido se construye en el momento de llegada de los huevos y no antes, para evitar desecación, insectos y contaminación. Una vez construido, se procede a dejar los huevos en el orden en que los puso la tortuga, de abajo a arriba (Fig. 11). El nido se cubre con la misma arena húmeda que se sacó en el momento de su construcción.



Fig. 11. La manipulación de los huevos debe hacerse con extrema delicadeza. Tamaño promedio de los huevos entre 39-43 mm de diámetro. Foto: XALOC (2015).

Los huevos fueron reubicados en el transcurso de las siguientes 5 horas después de haber sido desovados (Fig. 12). Después de esas horas, el movimiento del huevo es el principal enemigo para la sobrevivencia del embrión, debido a que puede romper las membranas internas y matarlo; es vital que los huevos no se giren, batan o roten verticalmente cuando han pasado más tiempo de esas 5 horas. Para ello, se marca la parte superior del huevo y se mantiene esta marca siempre para arriba sin girar verticalmente el huevo y recolocándolo en el nido igualmente con la marca hacia arriba muy rápidamente y evitando que le de directamente la luz del sol. Es muy importante traslocar la nidada completa ya que al ir incubándose todos generan calor lo que proporciona un microambiente confortable y adecuado para los embriones.



Fig. 12. Huevos del Nido 2 instantes previos a su recolocación en nido “artificial”.

Una vez recolocado el nido en nuestra playa, se procedió a la protección del mismo frente a depredadores. Se colocó una malla alrededor del nido, enterrándose unos 10 cm bajo la arena (Fig. 13a). Se montó además un campamento con voluntarios que custodiaron el nido las 24 horas del día hasta la fecha de eclosión (Fig. 13b).



(a)



(b)

Fig. 13. Protección del nido. (a) Colocación de malla, (b) vallado en el Saler.

Por otra parte, los huevos destinados a ser incubados en la incubadora del Oceanografic siguieron las mismas pautas de manipulación. Fueron recolocados en un recipiente y cubiertos con vermiculita e introducidos en la incubadora a una temperatura pivotal de 29 °C. Teóricamente, las poblaciones naturales poseen proporciones equivalentes de machos y hembras en la razón 1:1, esta es una condición que nos obliga a utilizar la temperatura pivotal para mantener invariables las propias condiciones naturales.

-Eclosión: Llegado el momento de la eclosión, las tortuguitas rasgan el cascarón con un denticulo o carúncula (Fig. 14) que presentan en la punta del pico. La ruptura de los cascarones dentro de la cámara de incubación puede ocupar entre 2 y 3 días, pero una vez que todas han roto sus cascarones se inicia la eclosión mediante activos movimientos simultáneos. Este movimiento constante origina que la arena del techo se desprenda poco a poco y caiga al piso, donde se va acumulando, lo cual provoca que toda la nidada se vaya desplazando de manera simultánea hacia la superficie (Fig. 15).



Fig. 14. Neonato salido del nido. Nótese el denticulo en su pico con el que rasgan el huevo. Foto: XALOC (2015).

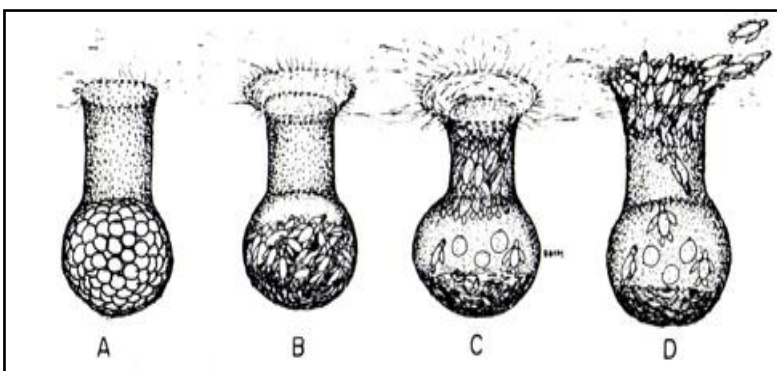


Fig. 15. Conducta colectiva de las crías para salir del nido. A) Huevos incubándose; B) Crías rompiendo y saliendo del cascarón, nótese el hundimiento de la boca del nido; C) Crías subiendo en grupo y algunas atoradas; D) Salida del nido (Márquez 1996).

Los huevos incubados de forma artificial tuvieron un comportamiento distinto y fueron eclosionando de manera independiente (Fig. 16).



Fig. 16. Neonato de incubadora del Nido 2. Nótese la coloración negra. Foto: Oceanogràfic de Valencia (2015).

En el caso de los dos nidos sometidos a proyecto, la eclosión de los huevos tuvo lugar por la noche (lo que es normal ya que las crías suelen emerger cuando la temperatura es más baja y no hay tantos depredadores) (Fig. 17a). La emersión del nido de todos los neonatos fue ocurriendo a lo largo de la noche y para la mañana la mayoría se encontraban fuera del nido y dirigiéndose al mar (Fig. 17b) para así desarrollar la **impronta** que es el proceso mediante el cual los neonatos adquieren los parámetros necesarios para volver a desovar a la playa donde nacieron (Fig. 18).



(a)



(b)

Fig. 17. Eclosión de neonatos. (a) Emersión durante la noche, (b) a la mañana siguiente. Foto: XALOC (2015)



Fig. 18. Neonatos en su camino al mar para desarrollar la impronta. Foto: XALOC (2015)

Como norma general, una vez pasados tres días como máximo desde la primera emersión, o una vez que han salido el 50% de las crías con respecto a los huevos dentro del nido, o 2-3 días después que ha pasado la fecha estimada de emersión y no ha salido ninguna cría, los nidos deben ser abiertos y sacado su contenido para evaluación (Chacon *et al.* 2008). Pasadas unas horas, se procedió a la exhumación completa del nido, para sacar las crías que aún no habían llegado a la superficie, los huevos no fecundados, o los que no sobrevivieron. Una vez realizado el recorrido, por si mismos y hasta la línea de playa, para establecer la impronta, los neonatos fueron recogidos en una cuba con arena de la misma playa y trasladados al Oceanogràfic.

-Determinación del éxito de incubación: Se calculó el porcentaje de huevos que acabaron dando crías nacidas.

-Instalación de neonatos en el Oceanogràfic: Una vez en las instalaciones del Oceanogràfic (Fig. 19), las tortugas recién nacidas (y, previamente, las nacidas en la incubadora) fueron sometidas a chequeo veterinario (Fig. 19a) determinándose el peso (Fig. 19b), las medidas biométricas e identificándolas con un número rotulado en su caparazón, para su posterior control individual. El peso y los datos biométricos se actualizaron cada semana para ver la evolución del crecimiento. Las medidas biométricas que se tomaron fueron la longitud del caparazón recta (LRC, se mide desde el punto más anterior del caparazón hasta el punto más posterior del caparazón en el mismo lado) y la anchura del caparazón recta (ARC, se mide en el punto más ancho del caparazón).



Fig. 19. Neonatos en el Oceanogràfic. (a) Chequeo, (b) pesado.

(a)



(b)

Los neonatos fueron ubicados en las instalaciones del ARCA del Mar (Área de Recuperación y Conservación de Animales del Mar). Estas instalaciones constan de ocho tanques circulares agrupados en dos sistemas de cuatro tanques cada uno y con sistemas de filtración propios para en caso de contaminación o fallo de uno de ellos, poder disponer de otro. El agua de estos sistemas viene directamente del Mediterráneo (playa Malvarrosa, Valencia) y es sometida a distintos tratamientos físicos, químicos y térmicos para adecuarla a unos parámetros de temperatura en torno a 24°C, salinidad 36-38 g/l y pH no inferior a 7,4. Como es una instalación cubierta también dispone de focos de luz de espectro solar que simula las condiciones del exterior.

Los neonatos fueron divididos en los tanques en cestas individuales con un número de identificación (Fig. 20) para tener un control preciso y acceso inmediato y directo a cada uno de ellos y para evitar mordeduras entre ellos o peleas por comida ya que son muy voraces en sus primeras etapas. Después de esta etapa, se las dejó nadar libremente, sin cestas, compartiendo el tanque.



Fig. 20. Ubicación de los neonatos del Nido 2 en las instalaciones del ARCA del Mar, donde permanecerán durante un año.

Durante los primeros días, los neonatos aún conservan y pueden subsistir con las reservas acumuladas del vitelo, por lo que no se les alimenta. Estas reservas las conservan como fuente de energía para el denominado “frenesí natatorio” o periodo de gran actividad que, de forma natural, tiene como fin llegar rápidamente al agua y nadar frenéticamente hacia la zona pelágica uyendo de depredadores (Frazier 1999). Después de estos primeros días, la alimentación consistió en una papilla formada por el equivalente al 7-10% del total de biomasa de neonatos y compuesta por 40% pescado blanco (merluza), 10% pescado azul (arenque), 25% moluscos cefalópodos (puntilla), 20% crustáceos (gamba) y 5% moluscos bivalvos (mejillón). A esta papilla se le añade un aporte vitamínico ya que al ser pescado congelado ha perdido parte de las vitaminas en proceso de congelación. Además, cuando no se veían mucha heces, se incluía una pequeña porción de espinacas como aporte de fibra. En las primeras semanas, se les daba la papilla en dosis exacta para cada una de ellas para así controlar su evolución. Después de unos meses cuando todas comparten ya el mismo tanque sin cestas, comen papilla *ad libitum*. Al final del proyecto, deberían alcanzar aproximadamente un kilogramo de peso. En ocasiones puntuales, según la disponibilidad, se les alimentaba también con medusas proidentes de acuarios del Oceanogràfic.

-Determinación del éxito del proyecto “headstarting”: Esta determinación vino dada por el porcentaje de liberación total, que es el porcentaje de crías que sobrevivió al año en cautiverio y fueron devueltas al mar, en relación al total de huevos incubados.

En nuestro caso en particular, también evaluamos el éxito del proyecto, en función del porcentaje de crías liberadas con relación a las crías nacidas vivas ya que nos interesa determinar el porcentaje de crías que sobreviven al propio proceso de cautividad (tasa de supervivencia), independientemente del proceso de incubación, para así autoevaluar el trabajo en la cría de estas tortugas por parte del Oceanogràfic y poder analizar errores, aprender y mejorar en las futuras actuaciones. Sin embargo, el éxito o no de nuestro objetivo final no podrá ser evaluado hasta un futuro lejano en el que las hembras liberadas y que sobrevivan para llevar a la madurez sexual en unos 15-20 años pueden volver a desovar a nuestras playas.

-Liberación de las crías: Las tortugas fueron liberadas en una playa cercana a la elegida por la madre para desovar (Fig. 21). Esta playa ha de ser tranquila, con mínima presencia humana y alejada de costas urbanizadas, para asegurarnos evitar las posibles interferencias humanas.

Antes de la liberación, todas las crías fueron anilladas y además se les implantó un chip para facilitar su reconocimiento en caso de captura y permitir estudios poblacionales. Las más grandes además llevaban un dispositivo GPS, instalado por la Universidad de Valencia, que enviaba datos temporales de su ubicación. Estos emisores van adheridos al caparazón por una silicona especial (Fig. 22) y son inócuos para los animales deprendiéndose de forma natural en aproximadamente seis meses.



Fig. 21. Tortugas del Nido 1 momentos antes de su liberación.



Fig. 22. Emisores GPS pegados en el caparazón de las tortugas del Nido 1. Foto: Universidad de Valencia (2015).

-Análisis de resultados: Los resultados a analizar del proyecto “headstarting” fueron determinados en función del **éxito de incubación**, del **éxito de liberación** o porcentaje de tortugas que sobreviven a este proyecto y son liberadas y por la valiosísima **información** que se obtuvo de la observación y de los estudios del comportamiento de las crías durante el año en cautividad. Se descubre así importante información sobre las principales patologías que afectan a las poblaciones durante esta fase, debido, en gran medida, a la dificultad de estudiar esta etapa del ciclo biológico de las tortugas marinas en su medio natural, por lo que estos proyectos proporcionaron información muy útil a este efecto.

3. RESULTADOS

Lo primero a tener en cuenta en la obtención de resultados es conocer el **periodo de incubación** de cada nido. El periodo de incubación depende de la especie (entre 50 y 80 días en el caso de *Caretta caretta*), además de otros factores como la **temperatura y la humedad de la arena**. Este periodo se calcula desde el momento de la puesta hasta la fecha en la que emerge el primer neonato.

En la tabla 5 se detallan las fechas de puesta de huevos, de emersión de neonatos y los periodos de incubación tanto del nido como de los huevos llevados a incubación artificial en el Oceanográfico, de los dos nidos sometidos al proyecto “headstarting”:

Nido	Fecha puesta	Fecha emersión nido	Periodo incubación nido	Fecha emersión huevos incubadora	Periodo incubación huevos incubadora
1	30-06-2014	26-08-2014	57 días	19-08-2014	50 días
2	31-07-2015	10-10-2015	71 días	16-09-2015	47 días

Tabla 5. Periodos de incubación de los nidos.

Con respecto a la incubación artificial, vemos que al hacerse en las mismas condiciones para ambos nidos de temperatura 29°C y sobre vermiculita, el periodo de incubación apenas varía en tres días. Sin embargo, se aprecia una notable diferencia en el periodo de incubación de los nidos en la playa. Ello puede ser atribuible, en principio, a que las condiciones de incubación fueron distintas, puesto que el nido 2 estuvo sometido en su fase final de incubación a una bajada de temperatura y a fuertes lluvias que incluso llegaron a inundar parcialmente el nido, retardando la eclosión de los huevos y la emersión de las crías. Este podría ser el motivo también de la gran diferencia de tres semanas en salir más tarde los neonatos del nido 2 en playa que en la incubadora.

Los resultados de la incubación de cada nido son:

-Nido 1: tras 50 días de incubación, eclosionan de la incubadora 36 huevos de los 40 iniciales que se habían destinado a incubación artificial (2 huevos infértiles y 2 embriones murieron durante el desarrollo). Una semana después eclosionan los primeros huevos del nido y tres días más tarde salen ya 66 crías. La exhumación del nido se realiza un día después y no se encontró ya a ningún neonato con vida. Se obtienen un total de 102 crías de este nido.

-Nido 2: Después de 47 días de incubación, eclosionan de la incubadora 8 huevos de los 15 iniciales (4 infértiles y 3 embriones muertos) y tres semanas después eclosionan 38 del nido. Se obtienen así un total de 46 neonatos del nido. Como ya se ha señalado, el periodo de incubación de este nido en playa fue notablemente mayor al de la incubadora o al del nido 1 por las malas condiciones meteorológicas a las que estuvo sometido.

La tasa de fertilidad de los nidos fue muy alta, del 98% y 95% respectivamente, lo que se ajusta al patrón de fertilidad de tortugas bobas que suele ser superior al 80% (Miller 1997).

Por tanto, el éxito de incubación de ambos nidos fue 73% y 54%, respectivamente. La notable diferencia en el éxito de incubación entre ambos nidos, teniendo en cuenta que fueron tratados y manipulados bajo iguales condiciones, no es casual. En el caso del Nido 2, como ya se ha mencionado, hubo problemas en la incubación, dadas las malas condiciones climatológicas a las que el nido estuvo expuesto durante algo más de la última semana. Abundante lluvia torrencial propició que sólo nacieran la mitad de neonatos de los huevos a los cuales hubo además que sacar del nido pues por sí mismos no hubieran llegado a salir, la otra mitad murió dentro del huevo. Estas condiciones fueron también las responsables de que los animales nacieran débiles y del poco éxito del proyecto para este nido, como veremos más adelante. Teniendo en cuenta que los huevos de tortuga boba tienen un éxito de eclosión aproximado del 80%, sin que interfieran factores externos como depredación, infección microbiana, etc., (Miller *et al.* 2001), el Nido 1 se ajustaría a esta aproximación, no así el Nido 2 en cuyo caso el éxito de incubación es bastante más bajo.

Los factores físico-químicos (temperatura, humedad, salinidad, granulometría del sustrato, pH, etc.) y biológicos (vegetación, depredadores, etc.) del lugar de incubación de los huevos y los factores de manejo antrópico, no sólo influyen en el éxito de incubación y la eclosión, sino que también condicionan el desarrollo embrionario y determinan, de algún modo, las características fenotípicas de los neonatos como masa, longitud, robustez, etc. (Wallace *et al.* 2004) (Abella 2010), e indirectamente su grado de debilidad o vulnerabilidad. Para ambos nidos, determinamos el peso y medidas de todos los neonatos y obtuvimos que los valores promedios de peso de neonatos al eclosionar oscilaban entre 13-15 gramos y las medidas LRC/ARC variaban entre 3-4/2-3 centímetros para el caso de los neonatos del Nido 1, manteniéndose en ese rango tanto los

nacidos en incubadora como los nacidos en playa una semana más tarde. En el caso de los neonatos del Nido 2, los valores son similares y oscilan entre 13-17 gramos de peso para los nacidos en incubadora y LRC/ARC entre 3-4/2-3 cm, pero los nacidos tres semanas después en la playa vinieron con mayor peso, oscilando entre 16-29 gr y LRC/ARC 4-5/3-4 cm, lo cuál puede ser atribuido al mayor tiempo de incubación que les permitió desarrollarse un poco más.

En ambos casos, se han dado grandes variaciones semanales en cuanto al incremento de la tasa corporal, siendo la media de 16% pero con grandes diferencias entre semanas de máximos de 30% y mínimos de 8%. No se han podido establecer patrones definidos en cuanto al crecimiento de los neonatos durante estos proyectos, puesto que depende de una gran variedad de factores como enfermedades, parásitos, estrés, etc. a los que han estado expuestos.

En cuanto al **porcentaje de liberación**, aunque se calcula para el total de huevos incubados, en nuestro caso también calculamos y valoramos el éxito de liberación respecto a las crías nacidas a efectos de supervivencia de las tortugas sometidas al cuidado en cautividad durante un año en las instalaciones del Oceanogràfic. En el Nido 1, de los 139 huevos incubados nacieron 102 crías y después del proyecto se liberaron 24. Por tanto, el éxito de liberación respecto a los huevos incubados fue de un 17,2% y el éxito de liberación respecto a las crías nacidas o tasa de supervivencia al año en cautiverio fue de un 23,5%. En el caso del Nido 2, puesto que el proyecto aún está llevándose a cabo, no hay datos definitivos, pero de mantenerse las tendencias vistas hasta ahora es posible que el porcentaje de liberación respecto de los huevos incubados no sobrepase el 6% y respecto a las crías nacidas el 11% puesto que en el mejor de los casos se liberarían 5 crías.

En el Nido 1, a pesar de un notable éxito de incubación del 73%, de los 102 animales incluidos en el programa de “headstarting”, 78 sufrieron baja por diferentes motivos:

- Enteritis necrotizante: 14 animales
- Infestación masiva por copépodos (*Balaenophilus manatorum*): 6 animales
- Infección por espiróquidos (*Amphiorchis spp*): 36 animales
- Infección pulmonar fúngica y/o bacteriana: 22 animales

El procesado histológico de las muestras permitió determinar el sexo de los animales. En el caso de las procedentes de incubación artificial se obtuvo un 55% de hembras frente a un 45% de machos, mientras que en la incubación en playa se obtuvo un 58,8% de hembras y un 41,2% de machos. A la vista de estos resultados, se demuestra que en la incubación artificial a la temperatura pivotal de 29°C se cumplen los pronósticos de relación de sexos 1:1 ligeramente sesgada hacia las hembras. Y en el caso de la incubación natural, también se cumple la premisa de que teóricamente las tortugas han evolucionado para sincronizar su reproducción con los momentos en que pueden producir igual número de machos que de hembras.

A continuación, se explica más detalladamente, cada una de las afecciones que sufrieron las tortugas del Nido 1:

-Enteritis necrótico-hemorrágica: Tras dos meses de mantenimiento de los neonatos, parte de los animales mostraron, de forma repentina, un cuadro clínico similar caracterizado por la aparición aguda de anorexia, depresión, distensión intestinal (Fig. 23) y muerte en pocas horas como consecuencia de la proliferación de bacterias a lo largo del tracto gastrointestinal, las cuales provocaron alteración en la funcionalidad (motilidad, absorción, etc.) del intestino. El análisis *post-mortem* reveló también una abundante presencia de bacterias.



Fig. 23. Intestino distendido con presencia abundante de líquido. Foto: Oceanográfico (2015).

-Infestación por ectoparásitos (*Balaenophilus manatorum*): Tras cuatro meses de mantenimiento de los animales, se produjo una alteración repentina y generalizada del comportamiento con movimientos anormales de las tortugas. Los signos clínicos observados incluían fricción de las aletas contra el plastrón, anorexia, depresión y muerte de seis animales. En todos los animales se detectó infestación masiva por el copépodo *Balaenophilus manatorum*. Las fotografías de la Fig. 24 muestran el aspecto del copépodo y las lesiones provocados por este parásito.



Fig. 24. *Balaenophilus manatorum* y lesiones que provoca. Foto: Oceanográfico (2015).

Gracias al estudio de este episodio, se ha logrado demostrar la relación de parasitismo de este copépodo sobre tortugas marinas y su ciclo biológico completo. Como resultado positivo, se han elaborado las siguientes publicaciones científicas, que actualmente se encuentran en proceso de revisión para publicación, del Oceanográfico en colaboración con la Universidad de Valencia demostrando la relación entre parasitismo, patología y tratamiento, y la descripción del ciclo biológico e hipótesis de transmisión:

- Crespo, J.L., García, D., Domènech, F., Tomás, J., Aznar, F.J., Ortega, J., Corpa, J.M. 2016. Parasitic outbreak of the copepod *Balaenophilus manatorum* in neonate loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from a head-starting program. *Diseases of aquatic organism*.
- Domènech, F., Tomás, J., Crespo, J.L., García, D., Raga, J.A., Aznar, F.J. 2016. Description of the transmission of *Balaenophilus manatorum* (Copepoda: Harpacticoida) an ectosymbiont of marine turtles and manatees. *PlosOne*.

-Endoparásitos. Espirórkidos: Tras el sexto mes de mantenimiento de los neonatos, algunos ejemplares empezaron a mostrar apatía, anorexia y pérdida de peso progresiva. Tras la muerte y estudio de varios ejemplares se encontraron huevos de parásitos espirórkidos en el parénquima de varios tejidos y en el interior de vasos sanguíneos. Los espirórkidos son parásitos cardiovasculares que infectan tortugas marinas a nivel global con una importante mortalidad asociada (Flint *et al.* 2010), causándoles problemas neurológicos y respiratorios (Jacobson *et al.* 2006). Sin embargo, y pese a la frecuente infección de tortugas marinas, hay mucho enigmas por resolver en cuanto a la epidemiología de la infección debido en gran medida al desconocimiento del ciclo biológico.

En nuestro caso, una desafortunada combinación de circunstancias permitió la infección de los animales en las instalaciones del Oceanogràfic (presencia de hospedador, parásito y hospedador intermediario en la misma instalación). El hospedador intermedio, un gasterópodo vermético (*Thylaeodus cf. rugulosus*) (Fig. 25) se descubrió por casualidad escondido en las conducciones del sistema de filtración, lo que ha permitido describir el ciclo biológico completo del parásito. Además este descubrimiento aumenta el conocimiento epidemiológico de la enfermedad en el mar Mediterráneo y describe una nueva especie de espirórkido del género *Amphiorchis*.



Fig. 25. Ejemplares del gasterópodo vermético *Thylaeodus cf. rugulosus*. Foto: Oceanogràfic (2015).

El estudio de este proceso ha conseguido obtener importante información sobre la patología y epidemiología de esta enfermedad parasitaria de alta relevancia en tortugas marinas, principalmente por la descripción del ciclo biológico. La información está en proceso de redacción y aún se están finalizando algunos estudios, de los que se espera obtener publicaciones científicas acerca del ciclo biológico, descripción de la patología asociada a la infección parasitaria y estudio completo de la nueva especie.

-Herpesvirus: Causa enfermedad en tortugas marinas y es capaz de establecer periodos de latencia reactivándose en periodos de estrés o inmunosupresión. No hay cura y la mortalidad es dependiente del grado de estrés o inmunosupresión del animal. Las lesiones afectan el tracto respiratorio y las mucosas e incluyen necrosis de la mucosa de la glotis y áreas subyacentes, bronconeumonía, etc. (Stacy 2008). En los análisis *post-mortem* de los animales se detectó la presencia de *Herpesvirus spp.* pero no se ha podido determinar como causa directa de la muerte, aunque si como agente implicado en el desarrollo de lesiones e infecciones fúngicas y bacterianas.

-Miscelánea: neumonía, granulomas bacterianos y fúngicos: Otros 22 animales murieron por neumonías de origen bacteriano y presencia de granulomas bacterianos y fúngicos. Se hallaron multitud de bacterias, la mayoría patógenos oportunistas, y hongos. Es posible que las lesiones provocadas por estos organismos oportunistas estuvieran asociadas a estados de inmunosupresión de los animales.

En cuanto a las 24 crías que lograron sobrevivir a todas estas infecciones y pudieron ser liberadas al mar en la playa del Carabassí (Elche), lo hicieron en óptimas condiciones de salud con un peso medio de 750 gramos, a pesar de la gran diferencia entre los 360 gramos la más pequeña y 970 gramos de la mayor, y relación LRC/ARC entre 13-18/10-14 cm. No se consiguió en todas ellas la premisa de la que partíamos de que consiguieran un kilo de peso durante el año de proyecto, pero teniendo en cuenta a todo lo que estuvieron expuestas, no es de extrañar.

Podemos concluir que el proyecto “headstarting” para este nido fue un éxito, pues si tenemos en cuenta que en condiciones salvajes se estima que el 90% de las tortugas no sobreviven al primer año de vida, en este caso se consiguió una tasa de supervivencia del 23,5%, más del doble de la que se obtendría en condiciones naturales.

En el Nido 2, partiendo de un éxito de incubación del 54% que podríamos considerar bajo, de las 46 crías sometidas al proyecto “headstarting”, nueve meses después de comenzar el proyecto, quedan 5 crías en las instalaciones del Oceanogràfic. Aún no se puede hacer una valoración detallada de los resultados de este nido, pues aún sigue vigente el proyecto y la liberación de las tortugas que sobrevivan no se llevará a cabo hasta que no finalice el periodo necesario en cautividad de un año. Lo que sí se puede concluir es que las 41 crías murieron todas ellas por causa de herpesvirus con signos clínicos respiratorios. En los dos primeros días murieron 12 animales, debido a la debilidad e inmunosupresión, motivo por el cual cogieron fácilmente herpesvirus y es el motivo que los ha llevado a ir creciendo muy poco y muriendo de forma esporádica hasta el momento actual. La enfermedad respiratoria por herpesvirus provoca en las tortugas traqueitis, necrosis periglotal, bronconeumonía, etc. que se traduce en flotación anormal, ladeada y dificultad o imposibilidad de sumersión (Jacobson *et al.* 1986). Como se ha venido comentando, las condiciones de incubación del nido fueron muy desfavorables debido a las

adversas condiciones climatológicas, inundación parcial del nido, bajada de temperatura de la arena, etc. lo que hicieron que los animales nacieran muy débiles y arrastrasen esta debilidad durante toda su corta vida y la vulnerabilidad a infecciones en su desarrollo. Suponiendo, en el mejor de los escenarios, que las 5 crías sobrevivieran y fueran liberadas, este nido tendría un éxito de liberación respecto del total de huevos incubados del 5'8% y un éxito de liberación respecto de las crías nacidas del 10'8%.

En este nido, el proyecto "headstarting" no es tan exitoso como en el anterior. A pesar de ello, tampoco se puede calificar de fracaso pues de seguir las tendencias actuales la tasa de supervivencia sería de casi un 11%, equiparable a lo obtenido en condiciones salvajes.

4. CONCLUSIONES

Los programas "headstarting" son proyectos experimentales relativamente recientes. Los primeros se iniciaron en los años 80 en Centroamérica y aún no se han recopilado resultados a largo plazo. En el Mediterráneo español ha sido en 2014 cuando se ha llevado a cabo por primera vez un proyecto de estas características por lo que evaluar resultados generales y sacar conclusiones acerca de todos los objetivos iniciales aún no es posible. Sin embargo, si se pueden resaltar algunas conclusiones inmediatas de dicha experiencia. Estas conclusiones son en su mayoría favorables al proyecto, pero también hay algunas que generan controversia. De las conclusiones favorables destacarían:

- A pesar de la elevada mortalidad obtenida en ambos nidos, la tasa de supervivencia se han mantenido por encima de la presumiblemente obtenida en condiciones salvajes para el Nido 1 y del mismo orden en el caso del Nido 2.
- Gracias al trabajo realizado por el Oceanogràfic y toda la información recopilada de los casos, se ha podido generar importante información científica desde el punto de vista de la patología y ecología de esta especie.
- De la experiencia de estos proyectos se ha podido constatar que la elevada mortandad de esta primera etapa del ciclo de vida de las tortugas no es sólo debida a depredadores, sino a muchas enfermedades desconocidas y que se descubren gracias a los proyectos de "headstarting".
- Adicionalmente, el mantenimiento de los neonatos ha permitido llevar a cabo estudios complementarios de marcado satelital llevado a cabo por la Universidad de Valencia.
- Las puestas observadas en el Mediterráneo occidental en los últimos años podrían ser un reflejo de la capacidad colonizadora de las tortugas, buscando playas más frescas como respuesta al cambio climático (Báez y Bellido 2015). Si se cumplen los escenarios del calentamiento global en el futuro, la temperatura aumentará mucho en las regiones meridionales. El aumento de la temperatura en las playas podría impedir que las tortugas

aniden y llevaría asociado mortandad de los huevos, un menor tiempo de incubación que se traduciría en neonatos de menor tamaño y con más dificultades para salir y llegar al mar y además como la arena más caliente provocaría aumento de proporción de crías hembras lo que produciría escasez de macho y disminución de las poblaciones (Hawkes *et al.* 2009). Puede que las tortugas bobas no respondan con rapidez a estos cambios, así que la introducción y suelta de tortugas en el Mediterráneo occidental es una iniciativa que podría ir en la dirección adecuada para favorecer la conservación de la especie, dada la tendencia natural de estas a buscar nuevas zonas de reproducción en el Mediterráneo occidental y a las evidencias históricas de su presencia en playas españolas. Los proyectos “headstarting” son, en este contexto, fundamentales para asegurar la supervivencia de las crías y reforzar los eventos de nidificación en el tiempo, imprescindibles para la dispersión natural de la especie.

Las conclusiones que no están tan a favor de dichos proyectos y generan controversia:

- El programa de “headstarting” supone un gran esfuerzo y trabajo para veterinarios, cuidadores y voluntarios.
- Debido a la falta de experiencia y a los misterios que encierra, en lo que a tortugas marinas se refiere, respecto a su ciclo de vida, la ecología del nido, las complejas interconexiones de distintos factores en la incubación, la posibles funciones ecológicas de los neonatos en el medio salvaje, etc., hay grandes vacíos y falta de información para llevarlos a cabo con mayor éxito.
- Los proyectos de “headstarting” no son efectivos en su intento de reconstruir las poblaciones de tortugas marinas. No son la solución al declive de las poblaciones de tortugas marinas puesto que no considera las causas ni brinda medidas que tiendan a disminuir los peligros reales que las tortugas enfrentan. Además, aunque ayuden a asegurar la supervivencia de las tortugas a corto plazo, no pueden asegurar su supervivencia a largo plazo. En cualquier caso son técnicas “experimentales” y aún no se ha demostrado la supervivencia hasta edad adulta de ninguna tortuga de “headstarting”. Estos programas liberarían más tortugas a un medio ambiente deteriorado en el que sus padres han demostrado que no pueden prosperar.
- Se desconoce mucho de esta primera etapa de vida de las tortugas marinas, por lo que tal vez estos programas podrían impedir que las tortugas, durante esa fase de su ciclo de vida, cumplieran importantes funciones ecológicas en su medio ambiente natural y también las colocaría en desventaja con respecto a sus equivalentes naturales una vez liberadas.
- Es una técnica muy cuestionada puesto que se discute la posibilidad de pérdida de instinto de las tortugas en su orientación para la navegación y vuelta al lugar de nacimiento para la reproducción, en la búsqueda de alimento y en la pérdida de sus capacidades locomotoras e inmunes para sobrevivir en el medio salvaje. Aunque aún no se han encontrado evidencias.

- Debido a que la mayoría de los proyectos “headstarting” son experimentales carecen de un marco en que su éxito se pueda medir y por tanto su evaluación no es científicamente válida.

Con vistas al futuro, y dada la gran cantidad de tiempo y recursos que consume esta actividad, habría que valorar si es viable continuar con estas acciones tal y como están planteadas, especialmente si la presencia de nidos en nuestras costas pasase de ser ocasional a más habitual. En tal caso, se debería establecer y unificar criterios de actuación en el Mediterráneo español.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abella, E. 2010. Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina *Caretta caretta*. Implicaciones en programas de incubación controlada. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Ackerman, R.A. 1997. The nest environment and embryonic development of sea turtles. In: P.L. Lutz, J.A. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles* (83-106). Boca Raton. CRC Press.
- Báez, J.C. 2007. *Elaboración de propuestas para reducir las capturas incidentales de tortuga boba Caretta caretta (Linnaeus, 1758) en palangre de superficie en el Mediterráneo Sur-Occidental*. Universidad de Málaga. Málaga. España.
- Báez, J.C. y Bellido, J.J. 2015. La tortuga boba en el Mediterráneo occidental. *Revista Quercus* (349): 37p.
- Bolten, A.B. and Witherington, B.E. 2003. *Loggerhead Sea Turtles*. Smithsonian Institution. Washington, D.C., USA.
- Bowen, B.W., Abreu-Gobrois, F.A., Balazs, G.H., Kamezaki, N.K., Limpus, C.J., Ferl, R.J., 1995. Trans-Pacific migrations of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) demonstrated with mitochondrial DNA markers. *Proc. Natl. Aca. Science*, 92:3731-3734 pp.
- Camiñas, J.A. 1997. Capturas accidentales de tortuga boba (*Caretta caretta*, L. 1758) en el Mediterráneo occidental en la pesquería de palangre de superficie de pez espada (*Xiphias Gladius* L.). *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 46 (4):446-455 pp.
- Camiñas, J.A. 2002. Estatus y conservación de las Tortugas Marinas en España. En: J.M. Pleguezuelos, R. Márquez, M. Lizana (Eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España* (339-375). Tercera Impresión. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española.
- Cardona, L., Revelles, M., Parga, M.L, Tomás, J., Aguilar, A., Alegre, F., Raga, A., Ferrer, X. 2009. Habitat use by Loggerhead sea turtles *Caretta caretta* off the coast of Eastern Spain results in a high vulnerability to neritic fishing gear. *Marine Biology*, 156:2621-2630 pp. doi: 10.1007/s00227-009-1288-9.
- Casale, P. 2015. *Caretta caretta (Mediterranean subpopulation)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e. T83644804A83646294. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T83644804A83646294.en>.

- Casale, P. and Tucker, A.D. 2015. *Caretta caretta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e. T3897A83157651. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T3897A83157651.en>.
- Chacon, D., Dick, B., Harrison, E., Sarti, L., Solano, M. 2008. *Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica*. Costa Rica: Secretaría Pro Tempore de la Conservación Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT).
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Eds). 2000 (Traducción al español). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Washington, DC: Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4: 235 p.
- Flint, M., Patterson-Kane, J.C., Limpus, C.J. and Mills, P.C. 2010. Health Surveillance of Stranded Green Turtles in Southern Queensland, Australia (2006-2009): An Epidemiological Analysis of Causes of Disease and Mortality. *EcoHealth*, 7 (1):135-145 pp. doi: 10.1007/s10393-010-0300-7.
- Frazer, N.B., 1986. Survival from egg to adulthood in a declining population of loggerhead turtles, *Caretta caretta*. *Herpetologica*, 42(1):47-55 pp.
- Frazier, J. 1999. *Generalidades de la Historia de Vida de las Tortugas Marinas*. Centro de Conservación e Investigación. Smithsonian Institution. Virginia.
- Glenn, L. 1996. The orientation and survival of loggerhead sea turtles hatchlings (*Caretta caretta*) in the nearshore environment. MS thesis. Florida Atlantic University, Boca Raton. 62 p.
- Hawkes, L.A., Broderick, A.C., Godfrey, M.H., Godley, B.J. 2009. Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, 7:137-154 pp.
- Huff, J.A. 1989. Florida (USA) terminates "headstart" program. *Marine Turtle Newsletter*, 46:1-2 pp.
- Jacobson, E.R., Gaskin, J.M., Roelke, M., Greiner, E.C. and Allen, J. 1986. Conjunctivitis, tracheitis, and pneumonia associated with herpesvirus infection in green sea turtles. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 189 (9):1020-1023.
- Jacobson, E.R., Homer, B.L., Stacy, B.A., Greiner, E.C., Szabo, N.J., Chrisman, C.L.,... Shelton, G.D. 2006. Neurological disease in wild loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Dis Aquat Org*, 70:139-154 pp.
- Limpus, C.J., Baker, V., Miller, J.D. 1979. Movement induces mortality of loggerhead eggs. *Herpetologica*, 35:335-338 pp.
- Llorente, G.A., Carretero, M.A., Pascual, X. y Perez, A. 1993. New record of a nesting loggerhead turtle *Caretta caretta* in western Mediterranean. *Brit. Herp. Soc. Bull.*, 42:14- 17.
- Marco, A., Carreras, C., Abella, E. 2015. Tortuga boba – *Caretta caretta*. En: A. Salvador, A. Marco. (Eds.). *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Madrid. Museo Nacional de Ciencias Naturales. <http://www.vertebradosibericos.org>

- Márquez, R. 1996. *Las Tortugas marinas y nuestro tiempo*. México: D.R. Fondo de Cultura Económica.
- Miller, J.D. 1997. Reproduction in sea turtles. In: P.L. Lutz, J.A. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles* (51-81). Boca Raton. CRC Press.
- Miller, J.D., Limpus, C.J. and Godfrey, M.H. 2001. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching and emergence of loggerhead turtles (125-143). In: A.B Bolten and B.E. Witherington. *Biology and conservation of loggerhead sea turtle*. University of Florida Press.
- Mrosovsky, N. 1988. Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Canadian Journal of Zoology*, 66:661-669 pp.
- Mrosovsky, N., Kamel, S. Rees, A.F., Margaritoulis, D. 2002. Pivotal temperature for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Kyparissia Bay, Greece. *Canadian Journal of Zoology*, 80:2118-2124 pp.
- Programa de Gestión Sostenible del Medio Andaluz. Informe final de resultados, 2014. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.
- Stacy, B.A., Wellehan, J.F., Foley, A.M., Coberley, S.S., Herbst, L.H., Marine, C.A.,...Jacobson, E.R. 2008. Two herpesviruses associated with disease in wild Atlantic loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Elsevier*, 126 (1-3):63-73 pp.
- Tomás, J., Abella, E., Revuelta, O., Carreras, C., Cardona, L., Eymar, J., Núñez, V., Esteban, J.A, Sánchez, A., Pujol, J.A., Morón, E., Marco, A. 2016. *Viability and management of nesting events at high latitudes: implications on the reduction of the impact of climate warming on sea turtles*. Conference Paper: 36th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Lima (Peru).
- IUCN 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4*. <http://www.iucnredlist.org> Downloaded on 19 November 2015.
- Wallace, B.P., DiMatteo, A.D., Bolten, A.B., Chaloupka, M.Y., Hutchinson, B.J., Abreu-Grobois, F.A.,... Mast, R.B. 2011. Global Conservation Priorities for Marine Turtles. *PLoS ONE*, 6 (9): e24510. doi:10.1371/journal.pone.0024510.
- Wallace, B.P., DiMatteo, A.D., Hurley, B.J., Finkbeiner, E.M., Bolten, A.B., Chaloupka, M.Y.,... Mast, R.B. 2010. Regional Management Units for marine turtles: A novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PLOS ONE*, 5 (12): e15465. doi:10.1371/journal.pone.0015465.
- Wallace, B. P., Sotherland, P. R., Spotila, J.R., Reina, R.D., Franks, B.F. and Paladino, F.V. 2004. Biotic and Abiotic Factors Affect the Nest Environment of Embryonic Leatherback Turtles, *Dermochelys coriacea*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77(3):423-432 pp.
- Witherington, B., and Salmon, M. 1992. Predation on loggerhead turtle hatchlings after entering the sea. *Journal of Herpetology*, 26(2):226-228 pp.
- Wyneken, J. 2001. *The Anatomy of Sea Turtles*. U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470, 1-172 pp.